

## 爆発孔を利用した表層地質について

Up hole shooting および Micro refraction と比抵抗の比較

—深部物理探査研究 第9報—

鎌田 清吉\*

Some Geological and Geophysical Informations Obtained  
from Seismic Shot Holesby  
Seikichi Kamata

## Abstract

In the seismic prospecting, it is necessary to make clear the geological and geophysical nature of the weathering layer near the shot hole, since the quality of the reflected wave is severely affected by the shooting condition.

From this point of view, many kinds of techniques such as V. V. C., up hole shooting and micro refraction method have been customarily used in an attempt to know velocity distribution.

But, it seems to be that, as the geological data concerning weathering zone, any effective reference could not be obtained except the shot hole data.

Therefore, it is advisable to carry out some geophysical method in the shot hole in order to promote geological interpretation.

And as one of the method which make possible to clarify the relationship between geological and geophysical information, the electrical resistivity logging was carried out in the shot holes at southern Sarukawa in Akita prefecture.

As the results, it is obvious that, the characteristics of resistivity curves obtained at this area well correspond to that of Micro refraction method. (Fig. 10)

The electrical logging can be considered as one of the effective methods in getting the geological informations in the shot hole, and weathering layer.

## 1. 緒 言

地震探査を実施するにあたり、低速度層の存在する表層付近の地質および速度分布を調べておくことは、pattern shooting および grouping の設計、解析精度の向上等に必要であるばかりでなく、震源の問題たとえば、適正深度、反射波の質が火薬の爆発箇所地質条件で異なる、などの事実を明らかにするために必要なことと思われる。

かかる意味において、従来地震探査において表層に關しての測定資料としては速度に着目した V. V. C., up

hole shooting および micro refraction 等によるものであった。一方、地質に関しては爆発孔作孔の際に得られた地質柱状図のみであった。

これら得られた資料、つまり速度分布と地質柱状図を関連させることは震源に関する問題を明らかにする資料として大切なことであるが、なかなか関連づけることは困難であった。

その原因の一つには作成された地質柱状図そのものに問題があるように思われる。すなわち、表層付近の地質の多くは風化を受けているし、柱状図に記載された岩質そのものが均質であるかどうか、また記載が正しいかどうか、などの疑問である。したがって、地質柱状図のほかに物理的の情報を記載しうる方法がえられれば、速度

\* 物理探査部

と地質の関連、および震源に関する問題などを明らかにするうに1つの糸口が得られるのではないかと考え、その方法の1つとして電気検層法の比抵抗法による測定を、秋田県申川南方地域における深部物探研究の際 S. P. 7 およびに S. P. 14 において行なった。

実験孔井がきわめて少ないので結論的なことは論じ得ないが、この測定資料は、地質柱状図を解釈するうに有効な方法であると考えられるのでここに報告する。

この実験には筆者のほか金子徹一・南雲昭三郎・川島威・平沢清・古谷重政・本荘静光および住友金属株式会社鈴木徹の諸氏が参加した。また実験を実施するにあたり、石油資源株式会社申川南方地震探鉱班の方々からいろいろ便宜を与えられた。ここに深く敬意を表する。

2. 測定孔

電気検層・比抵抗法により測定した爆発孔井は平坦な台地上に掘さくされた S. P. 7 の3 (第7爆発点の3号) と、低地部の水田に掘さくされた S. P. 14 の口 (第14爆発点の口号) の2孔である。

これら2つの爆発孔の高低差は大略 20m で S. P. 14 は海岸に近い位置をしめている。また S. P. 7 においては深部物理探査研究第5報<sup>1)</sup>にも記されてあるような実験もされたし、また micro refraction および up hole shooting による速度分布測定も実施されている。

爆発孔の測定深度はいずれも約 25m で、孔井の径は約 3 1/2" である。

台地上の S. P. 7 においては地下水面が地下 8~9m 深度の所にあるが、S. P. 14 においては地表まで水位に覆われている。

3. 使用器械

今回比抵抗法を実施するにあたり、使用した器械は一般の地表の電気探査でよく用いられている電気探鉱器で、タカヤ電気株式会社製の小型電気探鉱器である。

また電極は検層用電極外径 32φ のものを使用した。

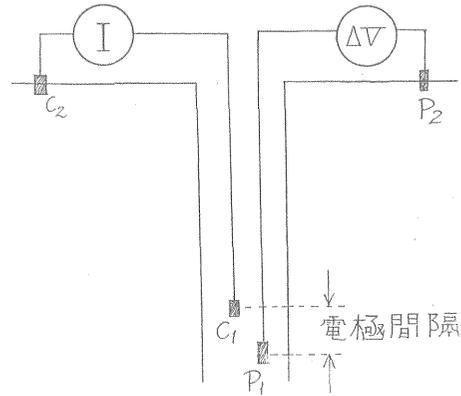
4. 測定方法

測定方法は2極法を用いた。

一般に第1図のように電流電極を C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> としてその間にある電流 (I) を流し、電位電極 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> の電位 (V) を測定すると、見掛比抵抗は次式の関係によって求めることができる。

$$\rho' = \frac{4\pi V}{I} \times \overline{C_1 P_1}$$

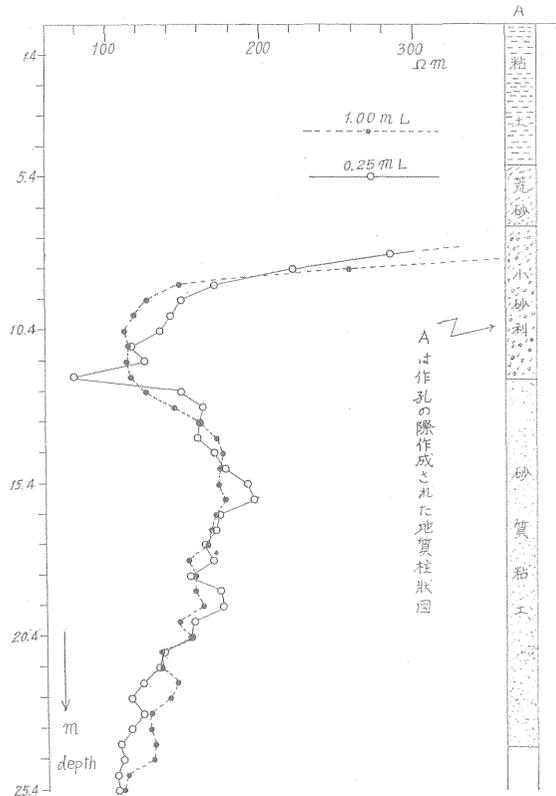
$\overline{C_1 P_1}$  は作孔された孔井の口径に関係して定められる電極間隔である。



第1図 2極法

この関係は測定深度が地表近くなると係数が 2π に近づくので補正をしなければならぬと思われるが、今回は地層の真の比抵抗を求めるのではなくして、前後の相対的な比抵抗の関係、つまり定性的な関係が求まればよいとして、この関係のまま測定し結果を求めた。

用いた C<sub>1</sub>P<sub>1</sub> すなわち電極間隔は 0.25m および 1.00m の2成分で、また測定間隔は 0.50m 間隔であった。



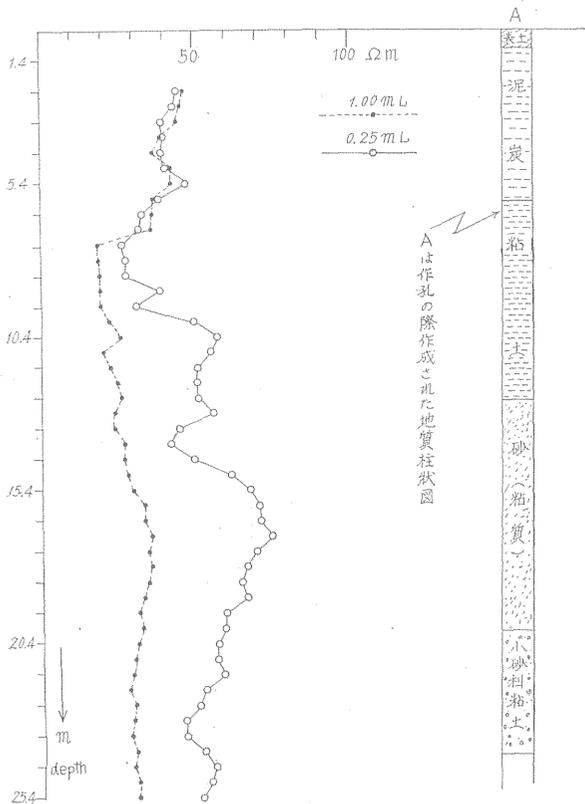
第2図 S. P. 7 の3号における比抵抗曲線

5. 測定結果

以上の方法により測定した結果を第2図および第3図に示す。

図において右側に示した地質柱状図は作孔の際作成されたものである。なお、S.P. 7における比抵抗測定の際測定電流としては深度25.4mから深度8.9mまで、50 mAから30 mAまで流し、また深度8.9mから浅部は25 mAから7 mAまでを流した。

次にS.P. 14における測定電流は90 mA、または50 mAを流した。



第3図 S.P. 14 のロ号における比抵抗線

6. 見掛比抵抗曲線と地質柱状図との比較

第2図のS.P. 7の比抵抗曲線からわかることは、深度9mから地表に向かって急に高い比抵抗値を示している。このことはこの深度付近に地下水が存在し、地層の比抵抗値を大きく二分していると考えられる。

次に電極間隔0.25mの比抵抗と、1mの比抵抗がそれぞれ同じような比抵抗値を示している。一般に電気検層における見掛け比抵抗は、不浸透性地層——例えば粘土層——、あるいは浸透性地層——例えば砂層または砂

礫層——に対して、泥水の比抵抗と電極間隔との関係によっていろいろその値を異にするが、これらの関係については Resistivity Departure Curve に詳しく表わされている。したがって Departure Curve を参考にして、これら2つの比抵抗曲線を考えてみると、S.P. 7は比較的浸透性地層からなっていて、それぞれの見掛比抵抗の値は泥水の影響をうけていない、地層の真の比抵抗に近い値を示しているものと考えられる。

ここで右端の作孔者によって作成された地質柱状図と比較して比抵抗曲線を解釈してみると、次のことが考えられる。

①深度9mから深度12mまでの比抵抗値は、深度13m以深の比抵抗値に較べて明らかに低い比抵抗値を示している。

一般に同時代の堆積層においては、砂層および砂礫層のような地層の比抵抗値は、粘土層および頁岩層のような地層の比抵抗値より高い値を示すことが知られている。

したがって、深度9m付近から12mの間には、粘土または砂質粘土層のような地層が、地質柱状図で示されている小砂利層と砂質粘土層の間に存在しているように解釈される。

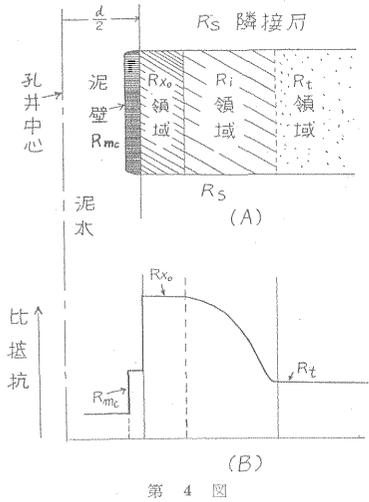
②深度13m以深について、地質柱状図に表わされている砂質粘土層は、比抵抗曲線をみると深度を増すにしたがって漸次低比抵抗になって、所々小さな凹凸状を呈している。

このことは何枚かのうすい粘土質層が、砂質層と互層の関係で存在しているようにも考えられるが、地質柱状図に示されている砂質粘土層であるとしても均質な地層ではなくして、上部の方が砂質が多く含まれ、下部にいくに従って粘土質が多く含まれているような地層と解釈される。

次に第3図 S.P. 14 の比抵抗曲線をみると、全体的に 50Ω-m 前後の低抵抗を示している。

このことは海岸に近いということから考えても、多分地下水の塩分が S.P. 7 に較べてより多く含んでいるためと思われる。また S.P. 7 の比抵抗曲線の様相と異なり、深度7m以深において1.00m電極間隔の比抵抗値が0.25mの比抵抗値に較べてかなり低い値を示している。この比抵抗曲線の関係は、先述の不浸透性地層に対する泥水比抵抗と電極間隔との関係では解釈が困難である。したがって浸透性地層に対する関係で得られたものとする。

一般に泥水の浸透性地層に挟まれた浸透性地層は、第4図(A)のような泥壁の次には口過水が完全に浸入した領域R%、次に口過水と最初存在した流体とが混合



第4図

した領域  $R_i$ , そして泥水で汚染されない領域  $R_t$  の配列を示しており、それぞれの比抵抗分布は第4図 (B) のように表わされることが知られている。

したがって、S.P. 14における孔井地質は、深度7m以深は泥水の浸透を受けやすい地層からなっていて、0.25m電極間隔の比抵抗値は泥水の浸入を受けた領域の比抵抗を表わしていると判断される。そして深度7mから9.4mまでと、13mから14.4mまでの顕著な2つの低抵抗の部分は、その前後の地層に較べて泥水の浸透がなされにくい粘土質、または砂質粘土層のような地層が存在するためと考えられる。

したがって地質柱状図に示されている深度6mから12m 50までの粘土は、深度10m付近のところで粘土または砂質粘土層と砂層の2つに分けられる。

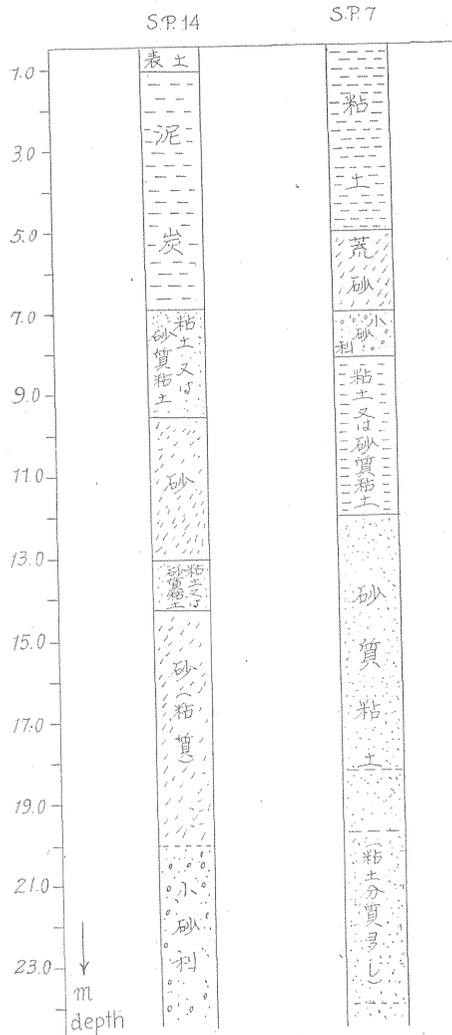
また、同じ柱状図に記されている砂層の中に、深度13mから14.3mの間に粘土または砂質粘土層の存在が考えられる。

次に深度20mのところに示されている小砂利粘土層については、比抵抗曲線からははっきりしたことはない。

以上、S.P. 7およびS.P. 14の比抵抗曲線と、作孔によって作成された地質柱状図とを比較解釈した結果の孔井地質柱状図を想定してみると、第5図のようになっていると考えられる。

7. 他の測定資料との比較

S.P. 14においては比抵抗法による測定の外、表層地質の速度測定は行なわれなかったが、S.P. 7においては up hole shooting および micro refraction による表層地質の速度分布の測定を行なった。求められたこれらの結果を第6図、第7図、第8図および第9図に示す。

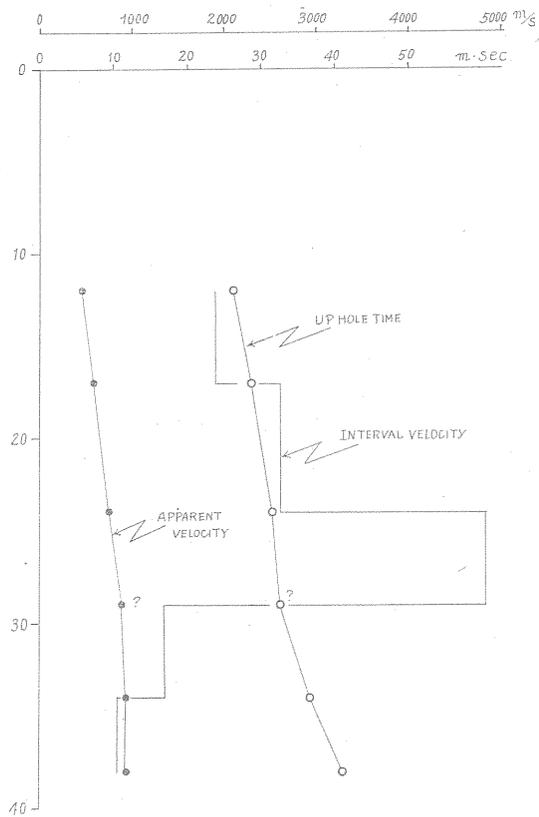


第5図 比抵抗曲線から得られた地質柱状図

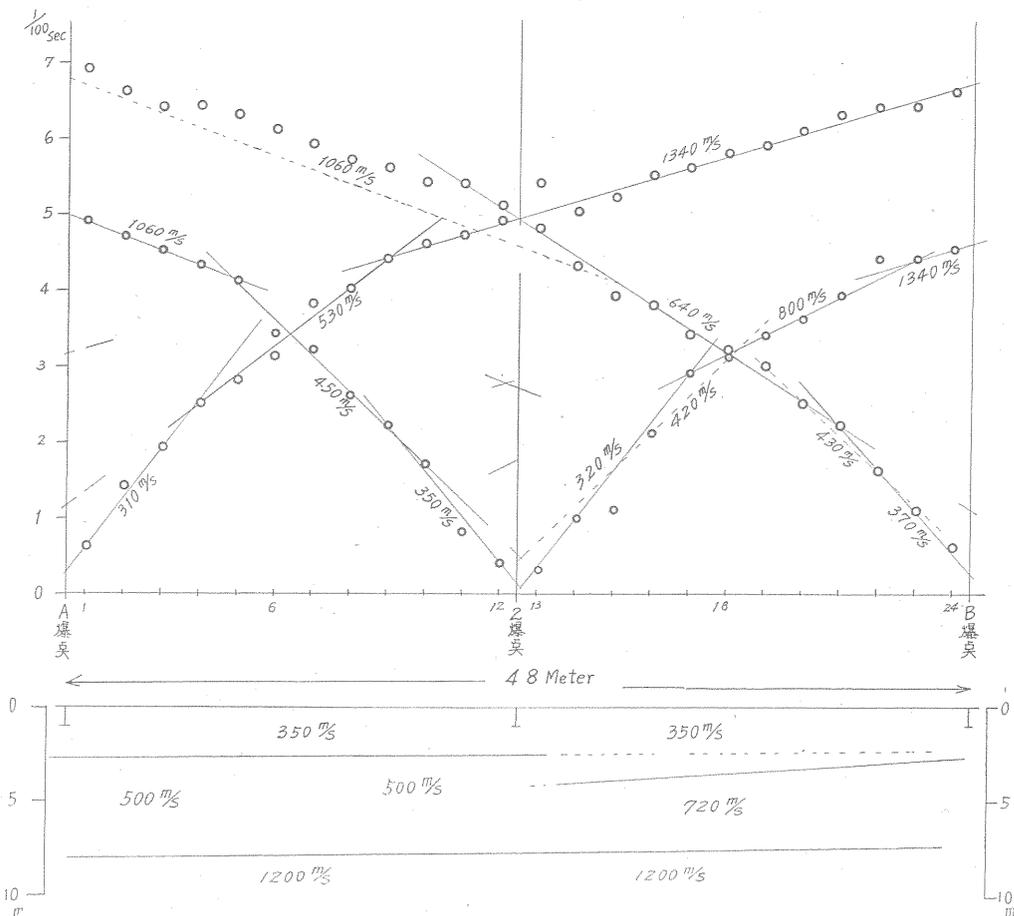
第9図は第7図の2m間隔の micro refraction と、第8図の5m間隔の micro refraction の結果から得られたS.P. 7を中心とした速度分布の状態である。

Up hole shooting は爆発孔井内で深度を変えて爆発し、孔口付近に固定した受振器で、その初動をとらえる方法であるが、相当量の誤差を含むことが考えられる。この結果をみてもわかるように大変速い速度層が算出されているが、このような速度層は反射測線の初動および他の実験からの結果にも得られていないので、この資料は参考にはならない。しかし micro refraction による方法では一応得られた速度層の存在は明らかなので、比抵抗曲線

37—(679)

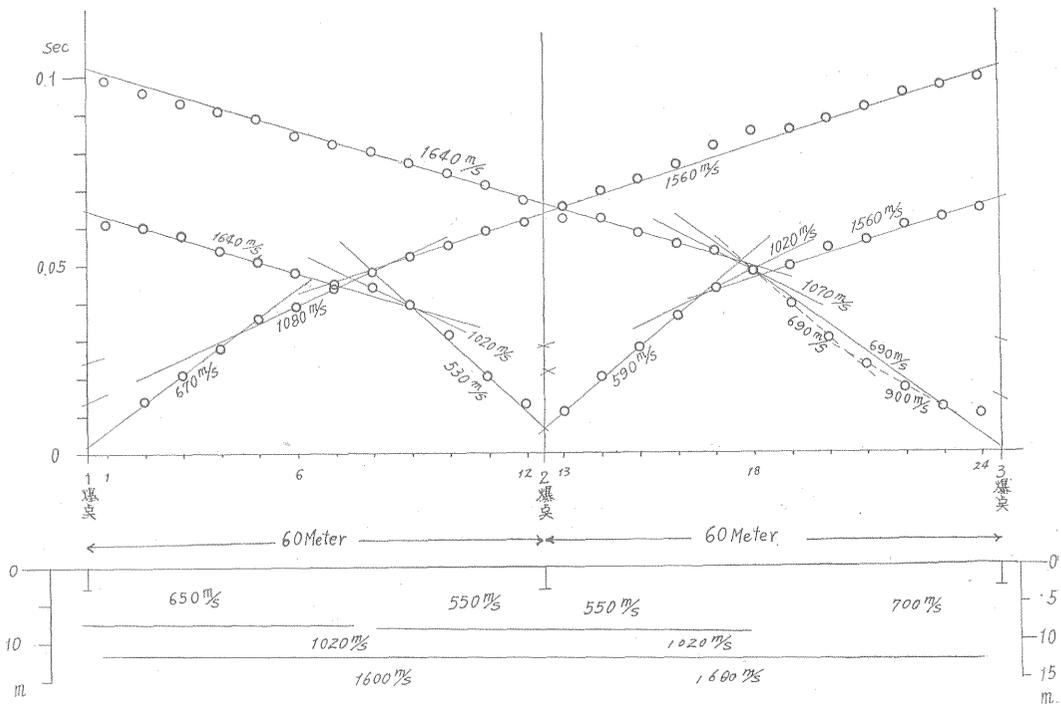


第 6 圖 Up Hole Shooting

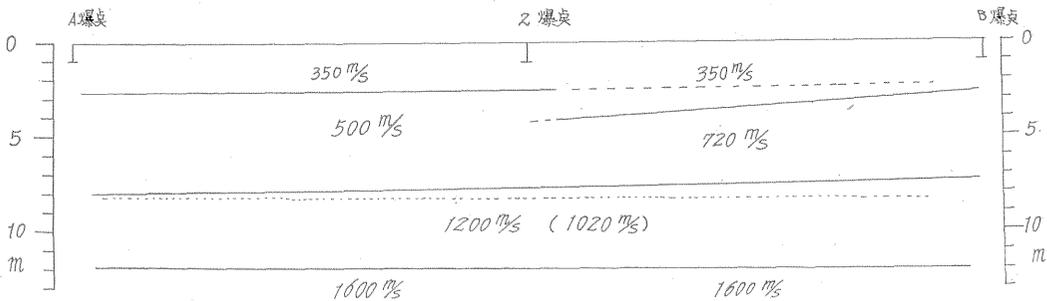


第 7 圖 2m Micro Refraction

爆発孔を利用した表層地質について (鎌田清吉)



第8図 5m Micro Refraction



第9図 第7爆発点付近の速度層断面図

の結果と比較してみると両者の関係がよくついている。

すなわち深度 8 m から 12 m までの 1,200 m/sec ~ 1,020 m/sec 層は粘土層と考えられる低比抵抗値に相当し、また深度 12 m 以深の 1,600 m/sec 層は、砂質粘土の高比抵抗値によく一致している。

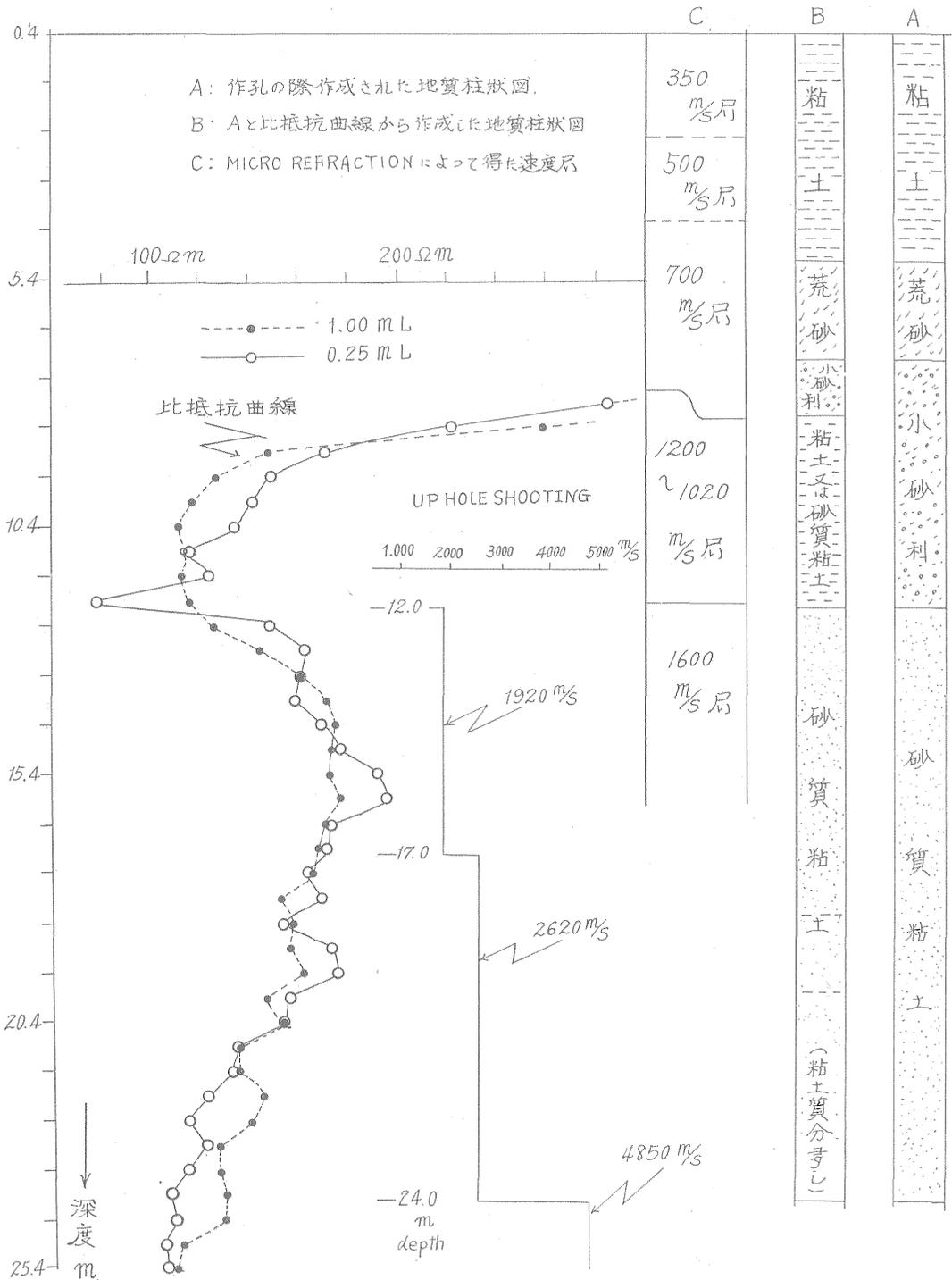
以上の測定資料および地質柱状図をまとめたものが第10図である。

### 8. 結 論

掘さくされた爆発孔の地質の性質を、より正確に、より定性的に、解釈する資料を得るために S.P. 7 および S.P. 14 において電気検層法による比抵抗曲線を求めた。

その結果、

(1) 従来 cutting などによって、作孔者の経験的な判断で作成されていた爆発孔の地質柱状図のみにたよっ



第10図 測定結果の比較

ていた地質層序が、より定性的に、より正確に解釈する方法であると考えられた。

(2) 比抵抗曲線と micro refraction で得られた速度層との関係がよく一致していることがわかった。今回の調査地においては、実験例が少ないのでこれ以上のことはいえない。また種々実験を行なった S. P. 7 においては、反射波の検出がむずかしいので、震源に関する問題、例えば反射波と爆発箇所、の孔井地質の問題などに対する試みはなさなかったが、今後このような問題を解決する糸口として、かかる測定資料を集積していくことが望ましい。

(昭和34年10~11月調査)

文 献

- 1) 金子徹一他：群設置法と多孔爆発法による妨害波消去の実験，地質調査所月報，Vol. 12, No. 2, 1961
- 2) 大谷関則：爆発深度地質と反射波の關係に就て，技研特報，No. 5
- 3) 佐藤久敬：電気検層法，物理探鉱，Vol. 11, No. 4, 1958
- 4) Schlumberge Well Surveying Corporation：Resistivity Departure Curve Normal Device
- 5) 小野吉彦他：成層構造の比抵抗探査について，一田無および多古における測定を中心として，地質調査所月報，Vol. 9, No. 6, 1958